

Ball joint for motor vehicle wheel drive

Publication number: DE19808029 (C1)

Publication date: 1999-12-30

Inventor(s): HILDEBRANDT WOLFGANG [DE]; RICKELL ROBERT-ANDREW [DE]; HEUSER GERD [DE]; SEIGERT PETER [DE]

Applicant(s): GKN AUTOMOTIVE AG [DE]

Classification:








- **International:** *F16D3/223; F16D3/16*; (IPC1-7): F16D3/223; F16D3/24

- **European:** F16D3/223

Application number: DE19981008029 19980226

Priority number(s): DE19981008029 19980226

Cited documents:

-  DE19633216 (C1)
-  DE2433349 (C2)
-  DE1169727 (C)
-  DE1126199 (C)
-  DE19519772 (A1)
-  DE1675240 (A1)
-  DE1831827U (U)

<< less

Abstract of DE 19808029 (C1)

The motor vehicle drive shaft ball joint has a casing (11) defining an outer ball race (17) and an inner section (12) with an inner race (18). The outer race has a defined radius in cross section. The inner race (18) has flanks which are positioned on an ellipse in cross section with its longitudinal axis extending radially to the axis of the joint inner section.

Data supplied from the *esp@cenet* database — Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 08 029 C 1

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 D 3/223
F 16 D 3/24

②① Aktenzeichen: 198 08 029.8-12
②② Anmeldetag: 26. 2. 98
④③ Offenlegungstag: –
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 12. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
GKN Automotive AG, 53797 Lohmar, DE

⑦④ Vertreter:
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,
53721 Siegburg

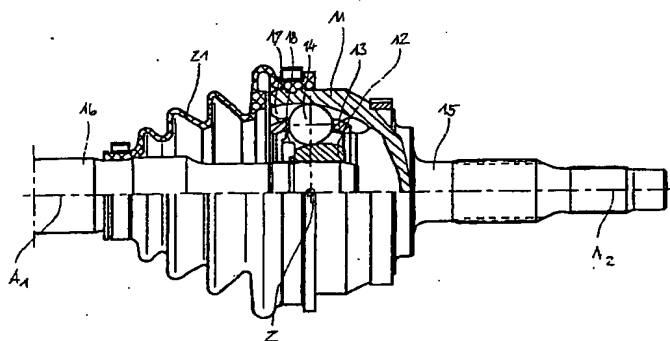
⑦② Erfinder:
Hildebrandt, Wolfgang, Dipl.-Ing., 53721 Siegburg, DE;
Rickell, Robert-Andrew, 53721 Siegburg, DE;
Heuser, Gerd, Dipl.-Ing., 53842 Troisdorf, DE;
Seigert, Peter, Dipl.-Ing., 53797 Lohmar, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 1 96 33 216 C1
DE 24 33 349 C2
DE-PS 11 69 727
DE-PS 11 26 199
DE 1 95 19 772 A1
DE-OS 16 75 240
DE-GM 18 31 827

⑤④ Kugelgleichlaufdrehgelenk

⑤⑦ Kugelgleichlaufdrehbank mit einem Gelenkaußenteil (11) zur Verbindung mit einem ersten Antriebsteil, das eine Innenöffnung bildet, in der im wesentlichen in Längsrichtung verlaufende äußere Kugelbahnen (17) ausgebildet sind, mit einem Gelenkinnenteil (12), das eine in der Innenöffnung des Gelenkaußenteils (11) einsitzende Kugelnabe zur Verbindung mit einem zweiten Antriebsteil bildet, auf dem im wesentlichen in Längsrichtung verlaufende innere Kugelbahnen (18) ausgebildet sind, mit in jeweils einander paarweise zugeordneten äußeren und inneren Kugelbahnen (17, 18) geführten drehmomentübertragenden Kugeln (14), und mit einem ringförmigen, zwischen Gelenkaußenteil (11) und Gelenkinnenteil (12) befindlichen Kugelkäfig (13), der umfangsverteilte Kugelfenster aufweist, in denen die Kugeln (14) in einer gemeinsamen Ebene gehalten und bei Abwinkelung der Achsen A₁, A₂ der Gelenkbauteile zueinander um einen Gelenkmittelpunkt Z auf eine winkelhalbierende Ebene zwischen den sich schneidenden Achsen A₁ des Gelenkaußenteils und A₂ des Gelenkinnenteils geführt werden, wobei die äußeren Kugelbahnen (17) im Querschnitt durch Kreisradien gebildet werden und wobei die inneren Kugelbahnen (18) Flanken haben, die im Querschnitt auf einer Ellipse liegen, deren lange Achse radial zur Achse A₂ des Gelenkinnenteils (12) verläuft.



DE 198 08 029 C 1

DE 198 08 029 C 1

Die Erfindung betrifft ein Kugelgleichlaufdrehgelenk mit einem Gelenkaußenteil zur Verbindung mit einem ersten Antriebsteil, das eine Innenöffnung bildet, in der im wesentlichen in Längsrichtung verlaufende äußere Kugelbahnen ausgebildet sind, mit einem Gelenkinnenteil, das eine in der Innenöffnung des Gelenkaußenteils einsitzende Kugelnabe zur Verbindung mit einem zweiten Antriebsteil bildet, auf dem im wesentlichen in Längsrichtung verlaufende innere Kugelbahnen ausgebildet sind, mit in jeweils einander paarweise zugeordneten äußeren und inneren Kugelbahnen geführten drehmomentübertragenden Kugeln, und mit einem ringförmigen, zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil befindlichen Kugelkäfig, der umfangsverteilte Kugelfenster aufweist, in denen die Kugeln in einer gemeinsamen Ebene gehalten und bei Abwinkelung der Achsen der Gelenkbauteile zueinander um einen Gelenkmittelpunkt auf eine winkelhalbierende Ebene zwischen den sich schneidenden Achsen des Gelenkaußenteils und des Gelenkinnenteils geführt werden.

Es ist bekannt, daß die Pressungsverhältnisse in den Kugelbahnen unter Drehmomenteinfluß und damit die Haltbarkeit von Gelenken der vorstehend genannten Art durch die Querschnittsform der Kugelbahnen beeinflußt werden kann. Grundsätzlich ist der örtliche Krümmungsradius der Kugelbahnen in den lastübertragenden Kontaktpunkten mit den Kugeln im Querschnitt durch das Gelenk größer als der Kugelradius. Das Verhältnis der beiden Radien wird im weiteren Konformitätszahl genannt. Sie ist definitionsgemäß stets größer 1 und nimmt umso größere Zahlenwerte an, je geringer die Schmiegun, d. h. die Formgleichheit bzw. Konformität der beiden Krümmungen im Wortsinn wird.

In den nachfolgend angeführten Veröffentlichungen sind verschiedene Formen des Bahnquerschnitts der äußeren und inneren Kugelbahnen an gattungsgemäßen Gelenken beschrieben:

DE-GM 18 31 827

DE-PS 11 26 199

DE-PS 11 69 727

DE-OS 16 75 240

DE-PS 24 33 349.

Typische Bahnquerschnitt sind die Kreisbogenform, die Form eines Ellipsenabschnitts, bei dem die lange Achse der Ellipse die Mittelachse des Bahnquerschnitts bildet, und der gotische bzw. spitzbogenförmige Querschnitt, bei dem die Krümmungsmittelpunkte der beiden Flanken des Spitzbogens zur Mittelachse des Bahnquerschnitts versetzt sind. Weiter sind Bahnquerschnitte mit abgeflachtem Bahngrund bekannt, die jeweils einen Dreipunktkontakt der Kugeln in jeder der Kugelbahnen erzeugen.

Gelenke mit kreisbogenförmigem Bahnquerschnitt zeigen rechnerisch bessere Lebensdauereigenschaften als Gelenke mit elliptischem oder spitzbogenförmigen Bahnquerschnitt. Ein Grund hierfür ist, daß die Hertz'sche Druckellipse im Kugelbahn-Kugel-Kontaktpunkt bei einer Bahn mit kreisbogenförmigem Querschnitt von üblicher Konformitätszahl größer ist, als bei einer solchen mit elliptischem oder spitzbogenförmigen Bahnquerschnitt. Somit liegen die Hertz'schen Pressungen bei dem erstgenannten niedriger als bei den zuletzt genannten Bahnquerschnitten. Ein Nachteil von Gelenken mit kreisbogenförmigen Bahnquerschnitt besteht jedoch darin, daß die Hertz'sche Druckellipse bei Übertragung von hohen Drehmomenten die Bahnkanten erreicht, so daß Beanspruchungsüberhöhungen (Spannungsspitzen) zu einer plastischen Verformung und/oder einer

deutlichen Schädigung an den Bahnkanten führen können. Dies tritt insbesondere am Gelenkaußenteil auf, da dort die Bahntiefe meist erheblich geringer ist als am Gelenkinnenteil und somit die Druckellipse die Bahnkanten dort früher erreicht.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, Kugelgelenke mit einer Bahnform bereitzustellen, bei denen die Bahnkanten auch bei Belastung durch hohe Drehmomente von Belastungsspitzen weitgehend freigehalten werden. Die Lösung hierfür besteht darin, daß die äußeren Kugelbahnen im Querschnitt durch Kreisradien gebildet werden und daß die inneren Kugelbahnen Flanken haben, die im Querschnitt auf einer Ellipse liegen, deren lange Achse radial zur Achse des Gelenkinnenteils verläuft, bzw. darin, die äußeren Kugelbahnen im Querschnitt durch Kreisradien gebildet werden und daß die inneren Kugelbahnen Flanken haben, die im Querschnitt auf einem aus zwei Radien gebildeten Spitzbogen liegen, dessen Mittelachse radial zur Achse des Gelenkinnenteils verläuft.

Hierbei kann entweder vorgesehen sein, daß die inneren Kugelbahnen einen zwischen den Flanken liegenden Boden haben, der im Querschnitt durch eine Tangente an einem zur Achse des Gelenkinnenteils konzentrischen Kreis gebildet wird, oder daß die inneren Kugelbahnen Flanken haben, die im Querschnitt auf der Ellipse bzw. auf dem Spitzbogen (gotischen Bogen) liegend unmittelbar aneinander anschließen. Im ersten Fall ergibt sich bei spielfreier Verbauung des Gelenks, daß die Kugeln bei drehmomentfreiem Gelenk bei Kontakt mit ihrer äußeren Kugelbahn mit ihrer inneren Kugelbahn Kontakt am Boden und an mindestens einer der beiden Flanken haben. Im zweiten Fall ergibt sich bei spielfreier Verbauung des Gelenks, daß die Kugeln bei drehmomentfreiem Gelenk bei Kontakt mit ihrer äußeren Kugelbahn mit ihrer inneren Kugelbahn ausschließlich Kontakt an beiden Flanken haben.

Eine spielfreie Verbauung ist vorzuziehen und insbesondere bei Festgelenken durch geeignete Montagetechniken leicht einzustellen. Bei Losgelenken kann dies durch ein Klassieren der Bauteile erreicht werden.

Die Konformitätszahl der im Querschnitt kreisbogenförmigen äußeren Kugelbahnen soll in üblichen Größenordnungen liegen und insbesondere zwischen 1,008 und 1,015 betragen. An den inneren Kugelbahnen soll der Kontaktwinkel α_{N0} der Kugel bei drehmomentfreiem Gelenk von der Mittelebene ausgehend 30° bis 40° betragen, insbesondere etwa dem halben Bahnumschlingungswinkel bis zur Bahnkante entsprechen. Die genannten Winkel beziehen sich jeweils auf eine radiale Mittelachse der Kugelbahn durch die Kugelmitte.

Eine derartige Kombination der Bahnquerschnitte beruht auf einer größeren Konformitätszahl der Bahnflanken der inneren Kugelbahnen im Vergleich mit der Konformitätszahl der Bahnflanken der im Querschnitt kreisbogenförmigen äußeren Kugelbahnen. Dies hat zur Folge, daß bei geringeren Drehmomenten der Kontaktwinkel zwischen der Kugel und der äußeren Kugelbahn zunächst in üblicher Weise zunimmt, d. h. der Kontaktpunkt wandert vom Bahngrund die kreisbogenförmige Bahnflanke hoch, wobei die Gegenkräfte in den inneren Kugelbahnen durch einen doppelten Kontakt an einer Bahnflanke und am Bahngrund bzw. an der Hauptangriffsflanke der Bahn und der entlasteten Flanke der Bahn gebildet werden. Es hat weiter zur Folge, daß bei einem bestimmten erhöhten Drehmoment die Abstützkraft am Boden der inneren Kugelbahnen bzw. an der entlasteten Flanke zu Null werden und die Abstützung an den inneren Kugelbahnen nur noch an einer Bahnflanke erfolgt. Die Kugel zentriert sich dabei zwischen sich diagonal gegenüberliegenden Flanken der äußeren Kugelbahn und der inneren

Kugelbahn. Aufgrund der hohen Konformitätszahl an den inneren Kugelbahnen wirkt sich jedoch eine weitere Drehmomenterhöhung nur noch in geringem Ausmaße in einer Veränderung des Kontaktwinkels aus, vielmehr nimmt im wesentlichen nur die Tiefe der Pressungsverteilungsellipse unter der Hertz'schen Druckellipse zu. Dagegen wird eine weitere Annäherung der Hertz'schen Druckellipse in Richtung auf die Bahnkanten weitestgehend gehemmt und insbesondere damit auch ein weiteres Ansteigen der Kugeln an den kreisbogenförmigen Kugelflanken der äußeren Kugelbahnen weitestgehend unterbunden. Der effektive Kontaktwinkel an den inneren Kugelbahnen wird somit der äußeren Kugelbahn als Kontaktwinkel gleicher Größe quasi aufgezungen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen, die Ausführungsbeispiele umfassen, näher erläutert.

Hierin zeigt

Fig. 1 ein Rzeppa-Festgelenk (RF-Gelenk), auf das die Erfindung anwendbar ist, im Längshalbschnitt;

Fig. 2 ein Undercutfree-Festgelenk (UF-Gelenk), auf das die Erfindung anwendbar ist, im Längsschnitt;

Fig. 3 ein Doppeloffset-Verschiebegelenk (DO-Gelenk), auf das die Erfindung anwendbar ist, im Längshalbschnitt;

Fig. 4 ein Verschiebegelenk mit sich kreuzenden Bahnen (VL-Gelenk), auf das die Erfindung anwendbar ist, im Längshalbschnitt;

Fig. 5 eine Bahnpaarung, die eine Kugel hält, mit Kreisbogenquerschnitt der äußeren Kugelbahn und abgeschnittenem Ellipsen- bzw. Spitzbogenquerschnitt der inneren Kugelbahn

- a) im unbelasteten Zustand
- b) unter einer ersten geringeren Belastung
- c) unter einer zweiten höheren Belastung
- d) das Kräftedreieck zur Belastung wie in b) dargestellt;

Fig. 6 eine Bahnpaarung, die eine Kugel hält, mit Kreisbogenquerschnitt der äußeren Kugelbahn und vollständigem Spitzbogenquerschnitt der inneren Kugelbahn

- a) im unbelasteten Zustand
- b) unter einer ersten geringeren Belastung
- c) unter einer zweiten höheren Belastung
- d) das Kräftedreieck zur Belastung wie in b) dargestellt;

Fig. 7 die Bahnpaarung nach **Fig. 6** unter Eintragung der Pressungsverteilung unter den Hertz'schen Druckellipsen

- a) im unbelasteten Zustand
- b) mit einer ersten geringen Belastung
- c) mit einer zweiten größeren Belastung.

Fig. 1 zeigt ein RF-Gelenk, das im Halbschnitt die Teile Gelenkaußenteil 11, Gelenkinnenteil bzw. Kugelnabe 12, Kugelkäfig 13 und drehmomentübertragende Kugel 14 erkennen läßt. Das Gelenkaußenteil 11 ist mit einem Wellenzapfen 15 einstückig verbunden. In das Gelenkinnenteil 12 ist eine Steckwelle 16 eingesteckt. Ein Faltenbalg 21 dichtet das Gelenk ab und ist auf dem Gelenkaußenteil 11 und der Steckwelle 16 festgelegt. Im Gelenkaußenteil 11 ist eine äußere Kugelbahn 17 erkennbar; im Gelenkinnenteil 12 ist eine innere Kugelbahn 18 dieser zugeordnet. Beide Kugelbahnen 17, 18 sind kreisbogenförmig gekrümmt, wobei die Krümmungsmittelpunkte in Richtung der Achsen A_1 , A_2 der Gelenkbauteile gegeneinander versetzt sind. Die Kugeln 14 und damit der Kugelkäfig 13 werden bei Abwinkelung der Längsachsen A_1 , A_2 um den Gelenkmittelpunkt Z aufgrund des Krümmungsversatzes der gekrümmten Kugelbahnen 17, 18 auf die winkelhalbierende Ebene gesteuert.

Fig. 2 zeigt ein UF-Gelenk, das die Teile Gelenkaußenteil 11, Gelenkinnenteil bzw. Kugelnabe 12, Kugelkäfig 13 und drehmomentübertragende Kugeln 14 erkennen läßt. Das Gelenkaußenteil ist mit einem Wellenzapfen 15 einstückig verbunden. Das Gelenkinnenteil 12 hat eine Innenöffnung zum

Einstecken einer nicht gezeigten Steckwelle. Im Gelenkaußenteil 11 sind äußere Kugelbahnen 17 erkennbar, im Gelenkinnenteil 12 innere Kugelbahnen 18, die den erstgenannten zugeordnet sind. Beide Kugelbahnen 17, 18 sind in einem Teilbereich ihrer axialen Erstreckung kreisbogenförmig gekrümmt. An die gekrümmten Abschnitte schließen sich etwa achsparallele gerade Bahnabschnitt auf zueinander entgegengesetzten Seiten zur Mittelebene M an. Die Krümmungsmittelpunkte der gekrümmten Abschnitte sind in Richtung der Achsen A_1 , A_2 der Gelenkbauteile gegeneinander versetzt. Aufgrund des Krümmungsversatzes werden die Kugeln 14 bei Abwinkelung der Achsen A_1 , A_2 zueinander um den Gelenkmittelpunkt Z durch die Bahnen 17, 18 auf die winkelhalbierende Ebene gesteuert.

Fig. 3 zeigt ein DO-Gelenk, an dem ein Gelenkaußenteil 11, ein Gelenkinnenteil bzw. eine Kugelnabe 12, ein Kugelkäfig 13 und eine drehmomentübertragende Kugel 14 zu erkennen ist. Das Gelenkaußenteil 11 kann mit einem Flansch verbunden werden. In das Gelenkinnenteil 12 ist eine Steckwelle 16 eingesteckt. Ein Faltenbalg 21 dichtet das Gelenk ab und ist mit dem Gelenkaußenteil 11 und der Steckwelle 16 verbunden. Im Gelenkaußenteil ist eine äußere Kugelbahn 17 erkennbar, die sich achsparallel und gerade erstreckt. Im Gelenkinnenteil 12 ist eine Kugelbahn 18 gezeigt, die ebenfalls gerade und achsparallel verläuft. Der Käfig 13 hat eine äußere Kugeloberfläche 19, die in einer zylindrischen Innenöffnung des Gelenkaußenteils 11 geführt ist, sowie eine innere Kugeloberfläche 20, die auf einer entsprechenden kugeligen Außenfläche des Gelenkinnenteils 12 geführt ist. Die Mittelpunkte der beiden genannten Kugeloberflächen 19, 20 sind in Richtung der Achsen A_1 , A_2 der Gelenkbauteile versetzt. Der Käfig 13 und damit die Kugeln 14 werden bei Abbeugung der Achsen A_1 , A_2 um den Gelenkmittelpunkt Z aufgrund des Versatzes der Kugeloberflächen auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Achsen A_1 , A_2 gesteuert.

Fig. 4 zeigt ein VL-Gelenk, an dem ein Gelenkaußenteil 11, ein Gelenkinnenteil bzw. eine Kugelnabe 12, ein Kugelkäfig 13 und eine drehmomentübertragende Kugel 14 zu erkennen ist. Das Gelenkaußenteil kann mit einem Flansch verbunden werden. In das Gelenkinnenteil 12 ist eine Steckwelle 16 eingesteckt. Ein Faltenbalg 21 dichtet das Gelenk ab und ist mit dem Gelenkaußenteil 11 und der Steckwelle 16 verbunden. Im Gelenkaußenteil 11 ist eine äußere Kugelbahn 17 erkennbar, die sich unter einem nicht erkennbaren Kreuzungswinkel zur Längsachse A des Gelenkaußenteils 11 erstreckt. Im Gelenkinnenteil 12 ist eine Kugelbahn 18 gezeigt, die ebenfalls unter einem Kreuzungswinkel zur Längsachse A_2 des Gelenkinnenteils verläuft. Die beiden Kreuzungswinkel sind gleich groß, jedoch entgegengesetzt zu den Längsachsen orientiert. Der Käfig 13 hat eine äußere Kugeloberfläche 19, die in einer zylindrischen Innenöffnung des Gelenkaußenteils 11 geführt ist, sowie eine innere Kugeloberfläche 20, die mit Abstand zur Außenfläche des Gelenkinnenteils ausgeführt ist. Die Kugeln und damit der Käfig werden bei Abbeugung der Achsen A_1 , A_2 um den Gelenkmittelpunkt Z aufgrund der zueinander entgegengesetzten Kreuzungswinkel der Kugelbahnen auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Achsen A_1 , A_2 gesteuert.

Die Querschnitte der Kugelbahnen, die für die Belastung der Kugelbahnen bei Drehmomentübertragung von Bedeutung sind, sind in den vorstehend beschriebenen Figuren nicht erkennbar. Beispiele für deren Formgebung, die auf alle der vorstehend genannten Gelenktypen anwendbar sind, werden in den nachstehenden Zeichnungen vermittelt.

In den **Fig. 5a**, **5b**, **5c** ist im Querschnitt jeweils ein Ausschnitt eines Gelenkaußenteils 11 mit einer äußeren Kugelbahn 17, ein Ausschnitt eines Gelenkinnenteils 12 mit einer

inneren Kugelbahn 18 sowie eine Kugel 14 dargestellt. Auf die Darstellung des Kugelkäfigs wurde der Deutlichkeit halber verzichtet. Im Gelenkaußenteil 11 ist die im Querschnitt kreisbogenförmige äußere Kugelbahn 17 durch den Krümmungsradius R_A gekennzeichnet. Im Gelenkinnenteil 12 setzt sich die innere Kugelbahn 18 aus zwei symmetrischen Kreisbogenabschnitten mit den Krümmungsradien R_{N1} , R_{N2} , die die Flanken 22, 23 bilden, und einer Geraden, die tangential zu einem Kreis und den Gelenkmittelpunkt Z verläuft und die den Boden 24 bildet, zusammen. Die Mittelpunkte der Krümmungsradien R_{N1} , R_{N2} der Kreisbögen sind gegeneinander symmetrisch zu einem radialen Strahl S durch den Kugelmittelpunkt versetzt. Die Kugel 14 ist durch den Radius R_K gekennzeichnet.

In Fig. 5a ist die Bahnpaarung mit der Kugel bei Drehmomentfreiheit am Gelenk dargestellt. Es ist erkennbar, daß das Gelenk spielfrei verbaut ist, wobei die Kugel 14 jeweils im Bahngrund der äußeren Kugelbahn 17 und der inneren Kugelbahn 18 Kontakt hat. Weiterhin hat sie in der inneren Kugelbahn 17 mit beiden Flanken 22, 23 Kontakt. Die Kontaktpunkte liegen im Querschnitt im Verhältnis zum Strahl S unter einem Kontaktwinkel $\alpha_{N,0}$.

In Fig. 5b sind gleiche Einzelheiten mit den gleichen Bezugswerten versehen. Unter dem Einfluß eines Drehmomentes am Gelenk ist jedoch das Gelenkaußenteil 11 gegenüber dem Gelenkinnenteil 12 entgegen dem Uhrzeigersinn verschoben. Der Kontaktpunkt zwischen der Kugel 14 und der äußeren Kugelbahn 17 hat sich vom Bahngrund verschoben und liegt gegenüber dem Strahl S nunmehr unter einem Winkel $\alpha_{A,eff}$ über den die gesamte Kraft FA zwischen Kugel 14 und äußerer Kugelbahn 17 übertragen wird. Aufgrund des Dreipunktkontaktes ist die Kugel 14 in der inneren Kugelbahn 18 im wesentlichen unverschiebbar und hat mit der Flanke 22 weiterhin Kontakt unter einem Kontaktwinkel $\alpha_{N,eff}$, der nur unwesentlich gegenüber dem Winkel $\alpha_{N,0}$ verändert ist, und mit dem Bahngrund 24. Das Kräftegleichgewicht wird hergestellt durch Abstützkräfte FN_a an der "aktiven" Flanke 22 und FN_g im Bahngrund 24. Das Kräftegleichgewicht ist in der Vektordarstellung der Fig. 5d erkennbar. Die Druckellipse der Kraft FA ist hierbei noch relativ weit von der Kante der äußeren Kugelbahn 17 entfernt.

In Fig. 5c ist das Gelenkaußenteil 11 unter dem Einfluß eines gesteigerten Drehmoments am Gelenk gegenüber dem Gelenkinnenteil 12 im Vergleich mit der Darstellung nach Fig. 5b nochmals weiter entgegen dem Uhrzeigersinn verschoben. Der Kontaktwinkel $\alpha_{A,eff}$, unter dem die Kraft FA auf die Kugel einwirkt, ist hierbei größer. Die innere Kugelbahn 18 wirkt hierbei mit einer gleich großen Gegenkraft FN_a auf die Kugel ein, die unter einem gleich großen Kontaktwinkel $\alpha_{N,eff}$ an der Kugel angreift. Der noch bestehende Kontaktpunkt im Bahngrund ist hierdurch vollkommen entlastet. Der Angriffspunkt der Kraft FA ist noch weit genug von der Kante der äußeren Kugelbahn 17 entfernt, um ein Ausbrechen der Kante zu vermeiden. Auch bei weiterer Erhöhung der Drehmomente und damit der Kugelkräfte FA, FN_a können die effektiven Kontaktwinkel nicht mehr anwachsen. Dies ist durch die größere Konformitätszahl KN am Gelenkinnenteil entsprechend R_N/R_K im Verhältnis zur Konformitätszahl KA am Gelenkaußenteil entsprechend R_A/R_N begründet.

In den Fig. 6a, 6b, 6c ist im Querschnitt jeweils ein Ausschnitt eines Gelenkaußenteils 11 mit einer äußeren Kugelbahn 17, ein Ausschnitt eines Gelenkinnenteils 12 mit einer inneren Kugelbahn 18 sowie eine Kugel 14 dargestellt. Auf die Darstellung des Kugelkäfigs wurde der Deutlichkeit halber verzichtet. Im Gelenkaußenteil 11 ist die im Querschnitt kreisbogenförmige äußere Kugelbahn 17 durch den Krümmungsradius R_A gekennzeichnet. Im Gelenkinnenteil 12

setzt sich die innere Kugelbahn 18 aus zwei symmetrischen Kreisbogenabschnitten mit den Krümmungsradien R_{N1} , R_{N2} , die die Flanken 22, 23 bilden und aneinander anschließen zusammen. Die Mittelpunkte der Krümmungsradien R_{N1} , R_{N2} der Kreisbögen sind gegeneinander symmetrisch zu einem radialen Strahl S durch den Kugelmittelpunkt versetzt. Die Kugel 14 ist durch den Radius R_K gekennzeichnet.

In Fig. 6a ist die Bahnpaarung mit der Kugel bei Drehmomentfreiheit am Gelenk dargestellt. Es ist erkennbar, daß das Gelenk spielfrei verbaut ist, wobei die Kugel 14 jeweils im Bahngrund der äußeren Kugelbahn 17 und an beiden Flanken 32, 33 der inneren Kugelbahn 18 Kontakt hat. Die Kontaktpunkte in der inneren Kugelbahn liegen im Querschnitt im Verhältnis zum radialen Strahl S durch den Gelenkmittelpunkt unter einem Kontaktwinkel $\alpha_{N,0}$.

In Fig. 6b sind gleiche Einzelheiten mit den gleichen Bezugswerten versehen. Unter dem Einfluß eines Drehmomentes am Gelenk ist jedoch das Gelenkaußenteil 11 gegenüber dem Gelenkinnenteil 12 entgegen dem Uhrzeigersinn verschoben. Der Kontaktpunkt zwischen der Kugel 14 und der äußeren Kugelbahn 17 hat sich vom Bahngrund verschoben und liegt gegenüber dem Strahl S nunmehr unter einem Winkel $\alpha_{A,eff}$ über den die gesamte Kraft FA zwischen Kugel 14 und äußerer Kugelbahn 17 übertragen wird. Aufgrund des Zweipunktkontaktes ist die Kugel 14 in der inneren Kugelbahn 18 im wesentlichen unverschiebbar und hat mit der Flanke 32 weiterhin Kontakt unter einem Kontaktwinkel $\alpha_{N,eff}$, der nur unwesentlich gegenüber dem Winkel $\alpha_{N,0}$ verändert ist. Das Kräftegleichgewicht wird hergestellt durch Abstützkräfte FN_a an der "aktiven" Flanke 32 und FN_p an der "passiven" Flanke 33. Das Kräftegleichgewicht ist in der Vektordarstellung der Fig. 6d erkennbar. Die Druckellipse der Kraft FA ist hierbei noch relativ weit von der Kante der äußeren Kugelbahn 17 entfernt.

In Fig. 6c ist das Gelenkaußenteil 11 gegenüber dem Gelenkinnenteil 12 im Vergleich mit der Darstellung nach Fig. 6b unter dem Einfluß eines gesteigerten Drehmoments am Gelenk nochmals weiter entgegen dem Uhrzeigersinn verschoben. Der Kontaktwinkel $\alpha_{A,eff}$, unter dem die Kraft FA auf die Kugel einwirkt, ist hierbei größer. Die "aktive" Flanke 32 der inneren Kugelbahn 18 wirkt hierbei mit einer gleich großen Gegenkraft FN_a auf die Kugel ein, die unter einem gleich großen Kontaktwinkel $\alpha_{N,eff}$ an der Kugel angreift. Der noch bestehende Kontaktpunkt an der passiven Flanke 33 ist hierdurch vollkommen entlastet. Der Angriffspunkt der Kraft FA ist noch weit genug von der Kante der äußeren Kugelbahn 17 entfernt, um ein Ausbrechen der Kante zu vermeiden. Auch bei weiterer Erhöhung der Drehmomente und damit der Kugelkräfte FA, FN_a können die effektiven Kontaktwinkel nicht mehr anwachsen. Dies ist durch die größere Konformitätszahl KN am Gelenkinnenteil entsprechend R_N/R_K im Verhältnis mit der Konformitätszahl KA am Gelenkaußenteil entsprechend R_A/R_N begründet.

In Fig. 7 sind die gleichen Schnitte bei gleichen Belastungszuständen wie in den Fig. 6a, 6b, 6c gezeigt, wobei gleiche Einzelheiten mit gleichen Bezugswerten gekennzeichnet sind. Schraffierte Flächen zeigen die Pressungsverteilung unter den Hertz'schen Druckellipsen an. Fig. 7a stimmt vollkommen mit Fig. 6a überein, da im drehmomentfreien Zustand keine nennenswerten Pressungen, selbst bei spielfreier Verbauung, auftreten. In Fig. 7b sind die Hertz'schen Pressungen positiv und zeigen Halbellipsen, die vollkommen unterhalb der äußeren Kugelbahnen 17 und inneren Kugelbahnen 18 liegen. Aufgrund der größeren Konformitätszahl KN ist die gezeigte Halbellipse unter der inneren Kugelbahn kleiner und spitzer als die Halbellipse unter der äußeren Kugelbahn.

In Fig. 7c ist erkennbar, daß die Hertz'schen Pressungen

aufgrund des größeren Moments und der größeren Kräfte zugenommen haben. Die Hertz'sche Druckellipse in der äußeren Kugelbahn ist dabei abgeschnitten, da sie zum Teil die Kante übersteigt. Die Hertz'schen Pressungen an der Kante sind jedoch beherrschbar, da die Halbellipse der Pressungsverteilung absolut relativ flach ist und auch bei erhöhten Momenten und Kräften nicht weiter in Richtung der Kante auswandert.

Patentansprüche

1. Kugelgleichlaufdrehgelenk mit einem Gelenkaußenteil (11) zur Verbindung mit einem ersten Antriebs-
teil, das eine Innenöffnung bildet, in der im wesentli-
chen in Längsrichtung verlaufende äußere Kugelbah-
nen (17) ausgebildet sind, mit einem Gelenkinnenteil
(12), das eine in der Innenöffnung des Gelenkaußen-
teils (11) einsitzende Kugelnabe zur Verbindung mit ei-
nem zweiten Antriebsteil bildet, auf dem im wesentli-
chen in Längsrichtung verlaufende innere Kugelbah-
nen (18) ausgebildet sind,
mit in jeweils einander paarweise zugeordneten äuße-
ren und inneren Kugelbahnen (17, 18) geführten dreh-
momentübertragenden Kugeln (14), und
mit einem ringförmigen, zwischen Gelenkaußenteil
(11) und Gelenkinnenteil (12) befindlichen Kugelkäfig
(13), der umfangsverteilte Kugelfenster aufweist, in
denen die Kugeln (14) in einer gemeinsamen Ebene ge-
halten und bei Abwinkelung der Achsen A_1, A_2 der Ge-
lenkbauteile zueinander um einen Gelenkmittelpunkt Z
auf eine winkelhalbierende Ebene zwischen den sich
schneidenden Achsen A_1 des Gelenkaußenteils und A_2
des Gelenkinnenteils geführt werden, **dadurch ge-
kennzeichnet**,
daß die äußeren Kugelbahnen (17) im Querschnitt
durch Kreissradien R_A gebildet werden und
daß die inneren Kugelbahnen (18) Flanken haben, die
im Querschnitt auf einer Ellipse liegen, deren lange
Achse radial zur Achse A_2 des Gelenkinnenteils (12)
verläuft.
2. Kugelgleichlaufdrehgelenk mit einem Gelenkaußen-
teil (11) zur Verbindung mit einem ersten Antriebs-
teil, das eine Innenöffnung bildet, in der im wesentli-
chen in Längsrichtung verlaufende äußere Kugelbah-
nen (17) ausgebildet sind, mit einem Gelenkinnenteil
(12), das eine in der Innenöffnung des Gelenkaußen-
teils (11) einsitzende Kugelnabe zur Verbindung mit ei-
nem zweiten Antriebsteil bildet, auf dem im wesentli-
chen in Längsrichtung verlaufende innere Kugelbah-
nen (18) ausgebildet sind,
mit in jeweils einander paarweise zugeordneten äuße-
ren und inneren Kugelbahnen (17, 18) geführten dreh-
momentübertragenden Kugeln (14), und
mit einem ringförmigen, zwischen Gelenkaußenteil
(11) und Gelenkinnenteil (12) befindlichen Kugelkäfig
(13), der umfangsverteilte Kugelfenster aufweist, in
denen die Kugeln (14) in einer gemeinsamen Ebene ge-
halten und bei Abwinkelung der Achsen A_1, A_2 der Ge-
lenkbauteile zueinander um einen Gelenkmittelpunkt Z
auf eine winkelhalbierende Ebene zwischen den sich
schneidenden Achsen A_1 des Gelenkaußenteils und A_2
des Gelenkinnenteils geführt werden, **dadurch gekenn-
zeichnet**,
daß die äußeren Kugelbahnen (17) im Querschnitt
durch Kreissradien R_A gebildet werden und
daß die inneren Kugelbahnen (18) Flanken (22, 23; 32,
33) haben, die im Querschnitt auf einem aus zwei Ra-
dien R_{N1}, R_{N2} gebildeten Spitzbogen (gotischen Bo-

gen) liegen, dessen Mittelachse (26) radial zur Achse A_2 des Gelenkinnenteils (12) verläuft.

3. Gelenk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die inneren Kugelbahnen (18) einen zwisch-
schen den Flanken (22, 23) liegenden Boden (24) ha-
ben, der im Querschnitt durch eine Tangente an einen
zur Achse A_2 des Gelenkinnenteils (12) konzentrischen
Kreis gebildet wird.

4. Gelenk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
daß die Kugeln (14) bei drehmomentfreiem Gelenk bei
Kontakt mit ihrer äußeren Kugelbahn (17) mit ihrer in-
neren Kugelbahn (18) Kontakt am Boden (24) und an
mindestens einer der beiden Flanken (22, 23) haben.

5. Gelenk nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die inneren Kugelbahnen (18) Flanken
(32, 33) haben, die im Querschnitt auf der Ellipse bzw.
auf dem Spitzbogen (gotischen Bogen) liegend unmittel-
bar aneinander anschließen.

6. Gelenk nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß die Kugeln (14) bei drehmomentfreiem Gelenk bei
Kontakt mit ihrer äußeren Kugelbahn (17) mit ihrer in-
neren Kugelbahn (18) Kontakt an beiden Flanken (32,
33) haben.

7. Gelenk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
daß das Verhältnis der Radien R_A der äußeren Kugel-
bahnen (17) zu den Radien R_K der Kugeln (14) (Kon-
formitätszahl $KA = R_A/R_K$) kleiner ist als das Verhält-
nis der örtlichen Radien R_N der inneren Kugelbahnen
(18) in den Kontaktpunkten zu den Radien R_K der Ku-
geln (14) (Konformitätszahl $KN = R_N/R_K$), so daß un-
ter geringem Drehmomenteinfluß zunächst eine Ab-
stützung der Kugeln (14) im Bahngrund der inneren
Kugelbahnen (18) erfolgt und bei hohem Drehmomen-
teinfluß der effektive Kontaktwinkel $\alpha_{A,eff}$ der Kugeln
(14) in den äußeren Kugelbahnen (17) auf den effekti-
ven Kontaktwinkel $\alpha_{N,eff}$ der Kugeln (14) in den inne-
ren Kugelbahnen (18) begrenzt ist.

8. Gelenk nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß das Verhältnis der Radien R_A der äußeren Kugel-
bahnen (17) zu den Radien R_K der Kugeln (14) (Kon-
formitätszahl $KA = R_A/R_K$) kleiner ist als das Verhält-
nis der örtlichen Radien R_N der inneren Kugelbahnen
(18) in den Kontaktpunkten zu den Radien R_K der Ku-
geln (14) (Konformitätszahl $KN = R_N/R_K$), so daß un-
ter geringem Drehmomenteinfluß zunächst eine zusätz-
liche Abstützung der Kugeln (14) an der jeweils entla-
steten Flanke (339 der inneren Kugelbahnen (18) er-
folgt und unter hohem Drehmomenteinfluß der effek-
tive Kontaktwinkel $\alpha_{A,eff}$ der Kugeln (14) in den äuße-
ren Kugelbahnen (17) auf den effektiven Kontaktwin-
kel $\alpha_{N,eff}$ der Kugeln (14) in den inneren Kugelbahnen
(18) begrenzt ist.

9. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch
gekennzeichnet, daß das Verhältnis der Radien R_A der
äußeren Kugelbahnen (17) zu den Radien R_K der Ku-
geln zwischen 1,008 und 1,015 liegt (Konformitätszahl
 $KG = 1,008... 1,015$).

10. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch
gekennzeichnet, daß der Kontaktwinkel $\alpha_{N,0}$ der Ku-
geln (14) an die inneren Kugelbahnen (18) bei drehmo-
mentfreiem Gelenk von der Mittelachse (26) ausge-
hend zwischen 30 und 40° beträgt und insbesondere
etwa dem halben Bahnumschlingungswinkel von der
Mittelachse (26) bis zur Bahnkante entspricht.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

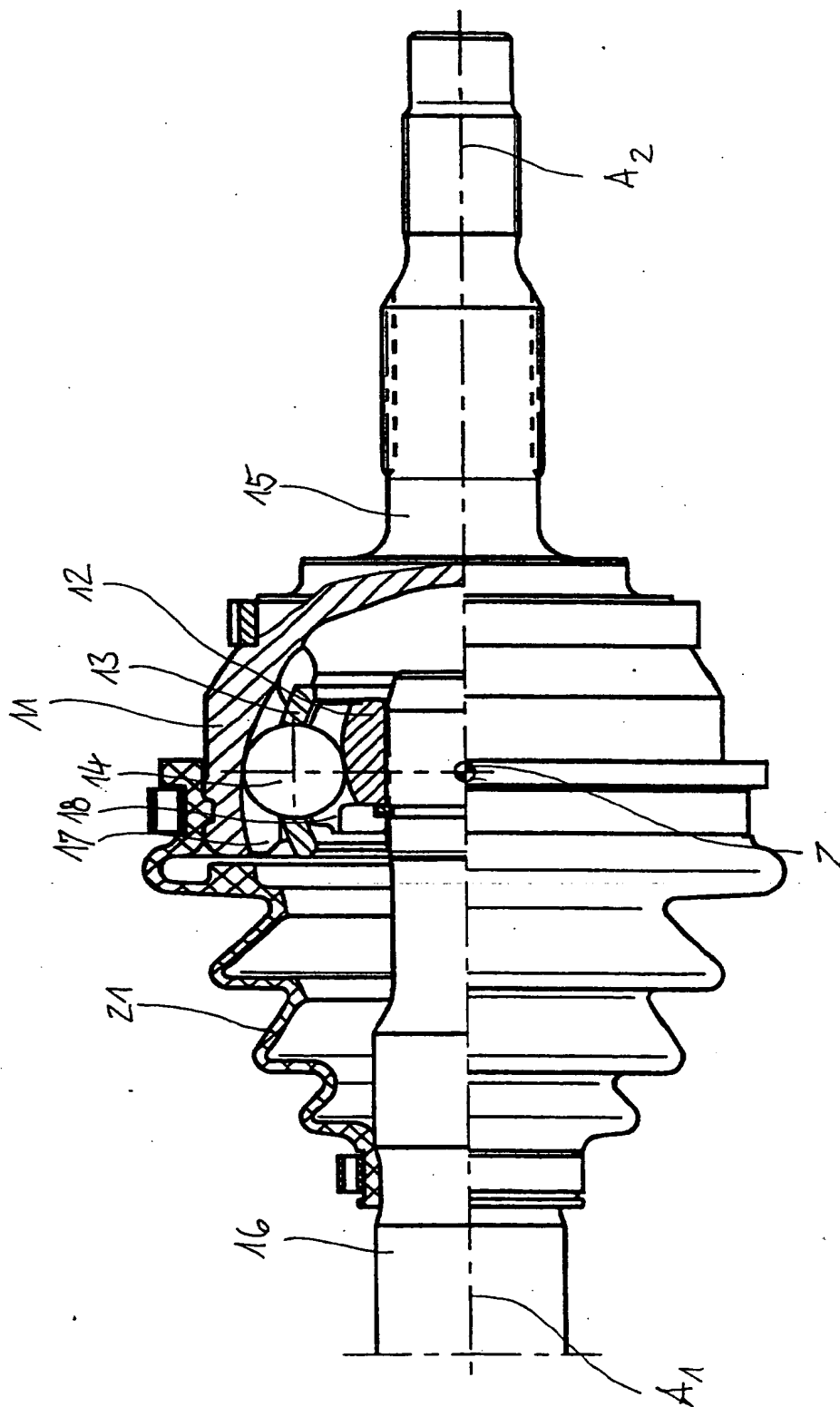
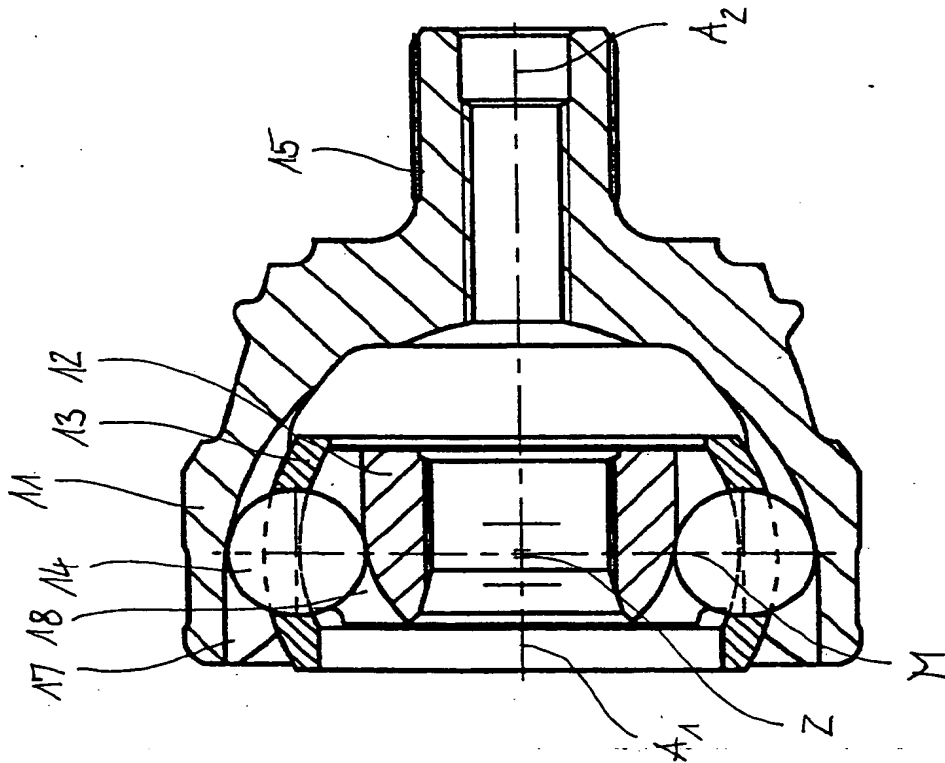


Fig. 1

Fig. 2



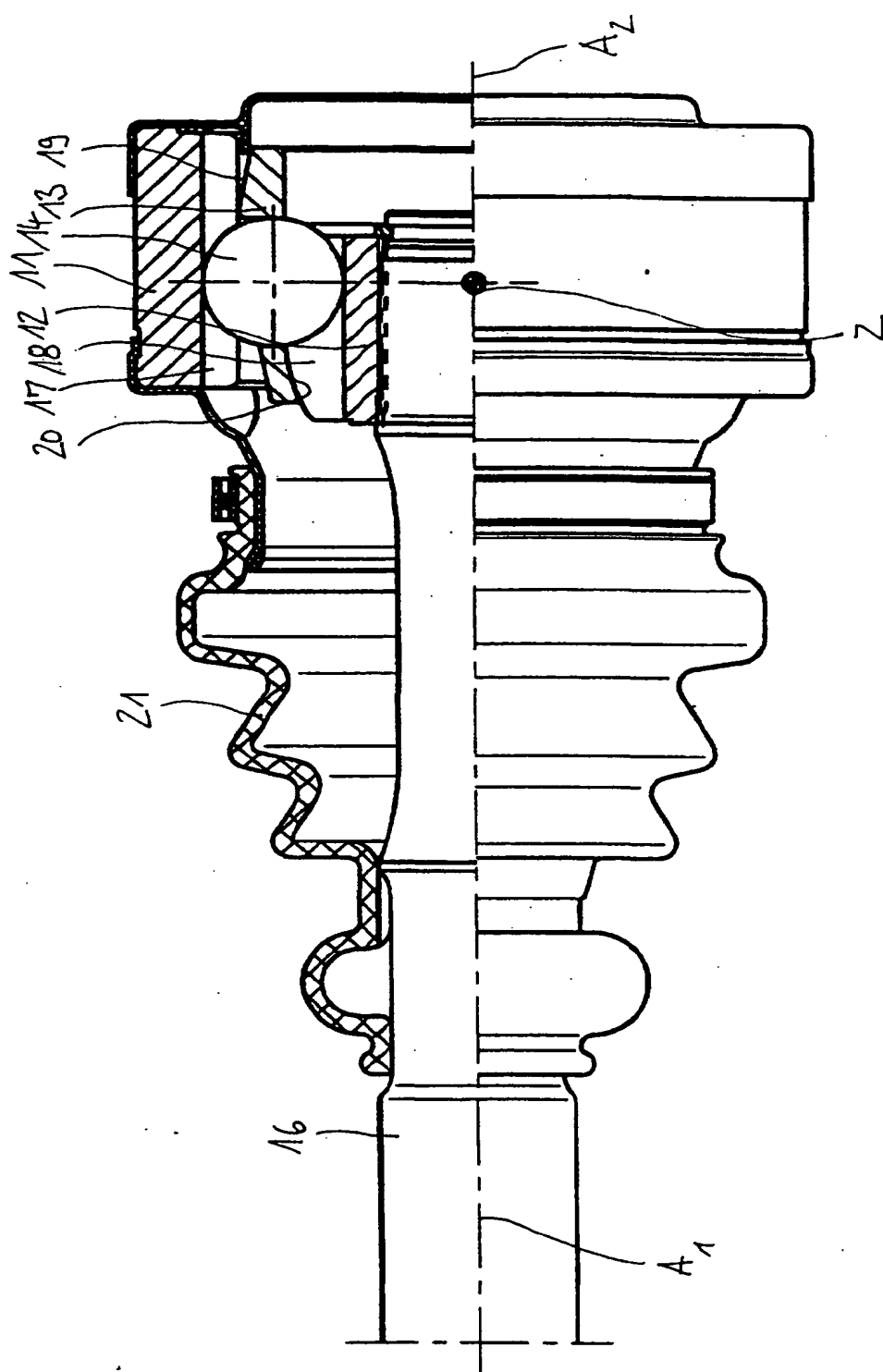
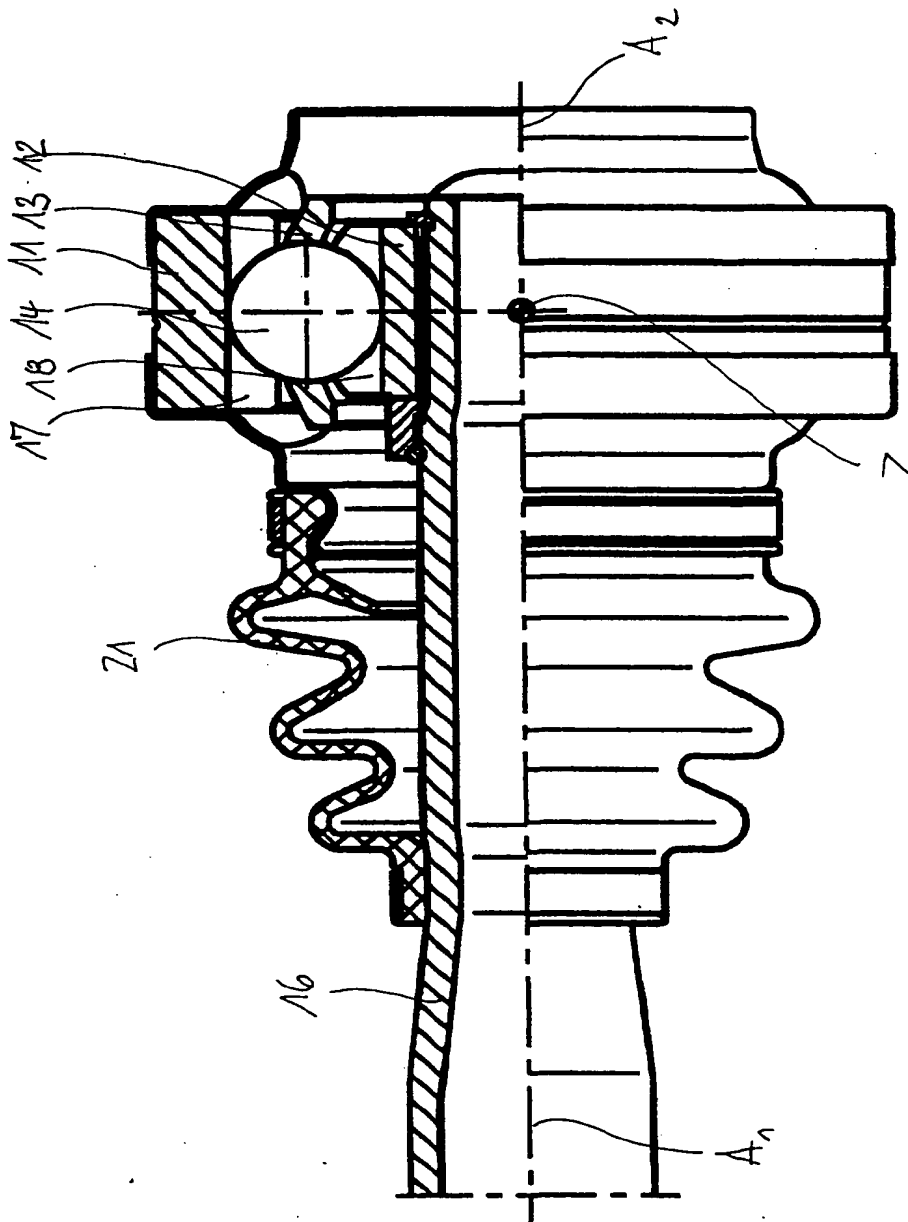
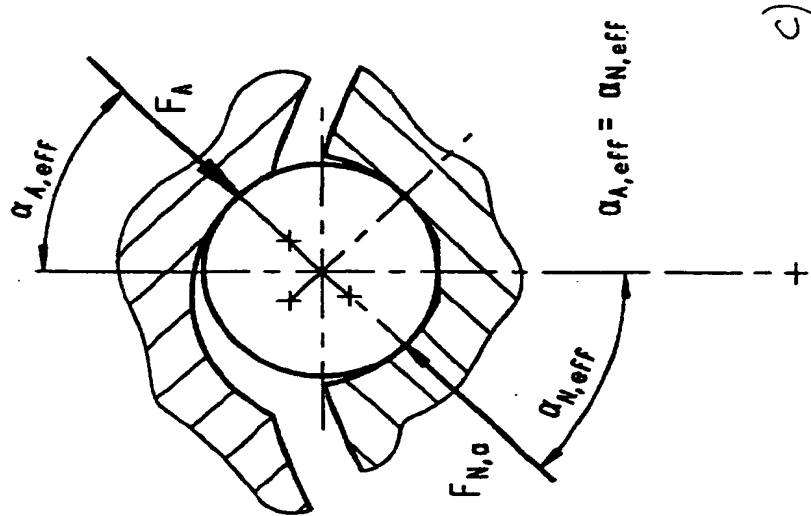
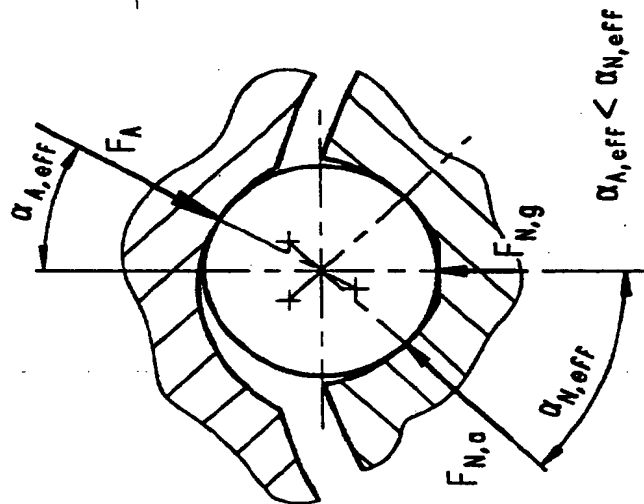


Fig. 4

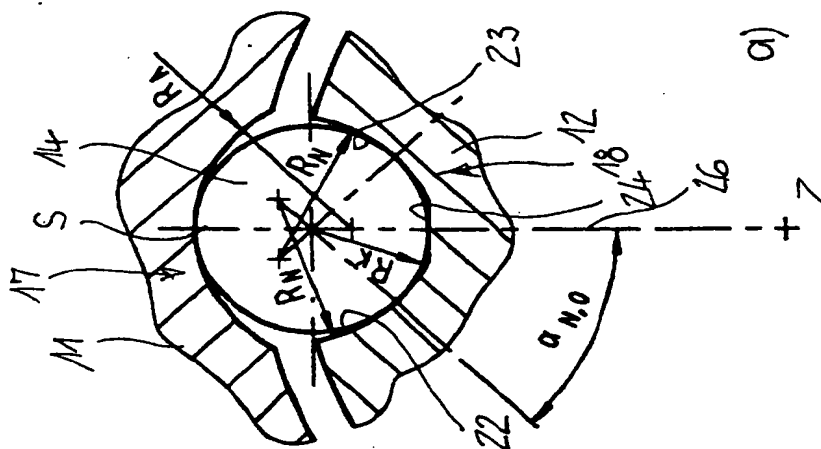




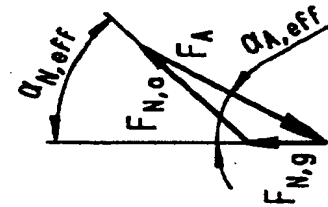
c)



b)

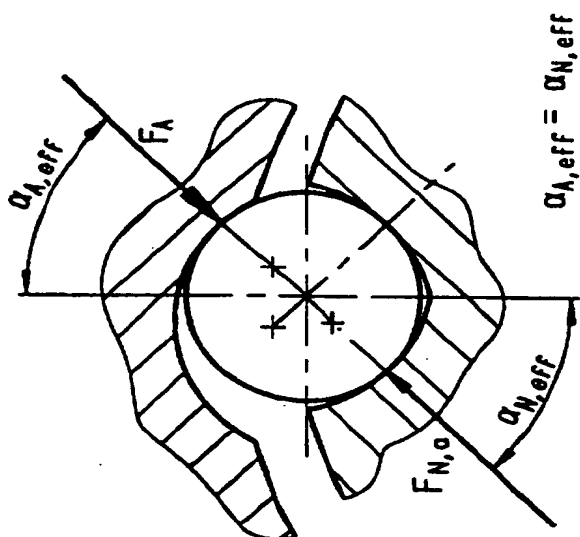


a)



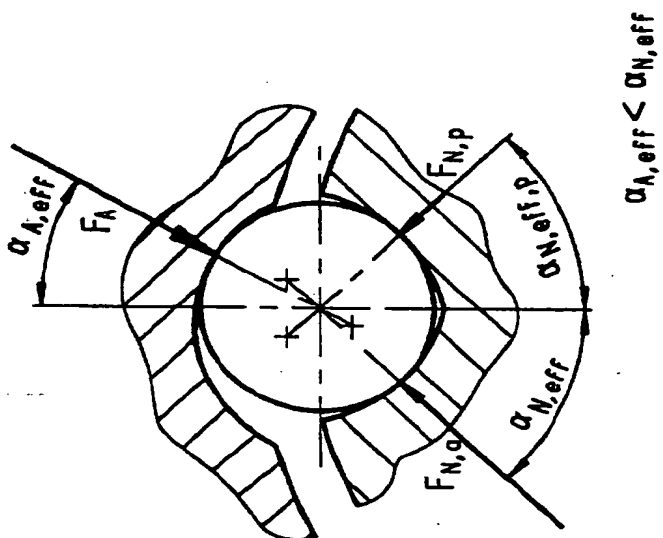
d)

Fig. 5

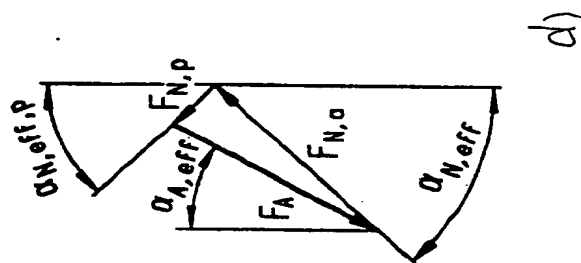


c)

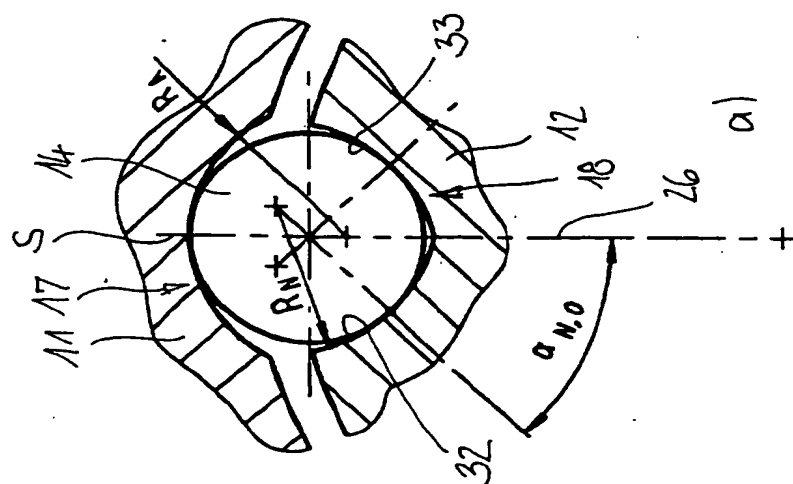
Fig. 6



b)



d)



a)

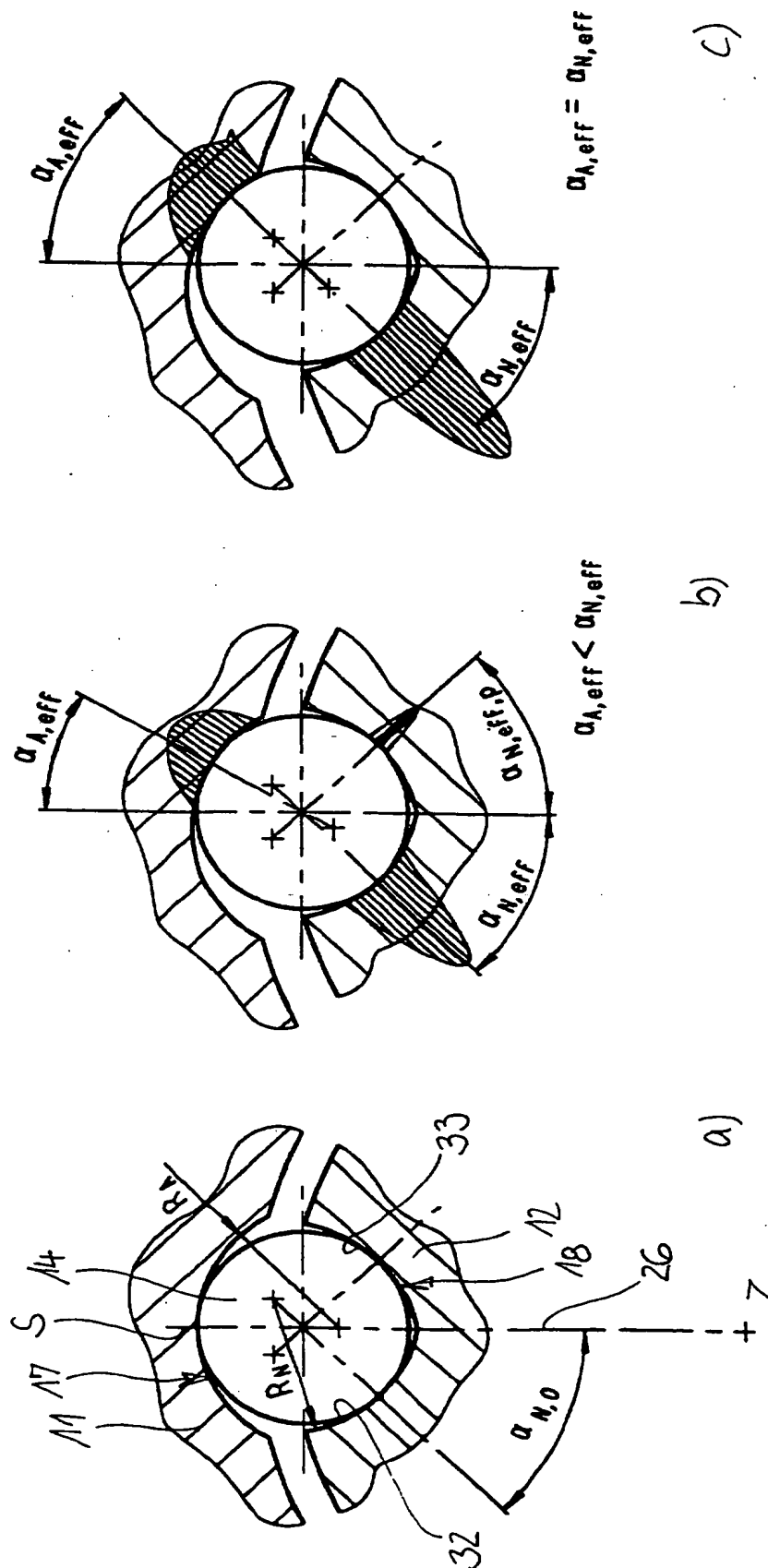


Fig. 7